UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E EXATAS

DHULY FABIULA DE MOURA

DESEMPENHO DA MEMÓRIA DE CURTO PRAZO MODELADO POR EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS DE PRIMEIRA ORDEM

Palotina - PR
2019

DHULY FABIULA DE MOURA

DESEMPENHO DA MEMÓRIA DE CURTO PRAZO MODELADO POR EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS DE PRIMEIRA ORDEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo André Schulz

Palotina - PR
2019

TERMO DE APROVAÇÃO

DHULY FABIULA DE MOURA

DESEMPENHO DA MEMÓRIA DE CURTO PRAZO MODELADO POR EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS DE PRIMEIRA ORDEM

Monografia apresentada como requisito parcial à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Ciências Exatas, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Simone F. Ruiz
Profª Drª Simone Francisco Ruiz
Membro da banca

Leidi C. Friedrich
Profª Drª Leidi Cecília Friedrich
Membro da Banca

Profª Drª Mara Fernanda Parisoto
Membro da Banca

Prof Dr Valdir Rosa
Membro da Banca

Palotina, 02 de Julho de 2019.

ao meu pai, dono de
toda a saudade que
sinto.

Agradecimentos

a Deus pelo dom da vida,

em especial a minha mãe que nunca me deixou desistir,

aos meus amigos que sempre oraram por mim,

aos meus colegas da faculdade que me acompanharam todos esse anos,

ao meu orientador pela paciência e compreensão,

a todos que estiveram comigo desde o início dessa jornada.

Quem dera que se cumprisse o meu desejo, e que Deus me desse o que espero!

Jó 6:8.

Conteúdo

Resumo

Neste trabalho usamos a modelagem matemática para obter um modelo governado por equações diferenciais ordinárias que descreve matematicamente o comportamento da memória de curto prazo de um indivíduo. Para tal, foram realizados testes de memória, com 3 indivíduos diferentes, com a finalidade de verificar a acurácia do modelo. Os testes realizados levaram em consideração a memorização e o esquecimento em um determinado tempo. Os efeitos desta pesquisa revelam que, é possível encontrar parâmetros específicos para cada indivíduo que ajustam o modelo, levando em consideração o esquecimento de uma determinada informação ao decorrer do tempo. Além disso, os resultados obtidos pelo nosso modelo se aproximam dos dados coletados. Também observamos que a eficiência da memorização é finita, limitada, assim como a literatura mostra, e sempre tende ao esquecimento total das informações de menor relevância recebidas pelo cérebro, isto é, nossa memória é seletiva e o esquecimento de informações é inevitável para a autoconservação do nosso cérebro.

Palavras chave: memória de curto prazo, equações diferenciais, esquecimento.

Abstract

In this work we use mathematical modeling to obtain a model governed by ordinary differential equations that describes mathematically the short-term memory behavior of an individual. For this, memory tests were performed with 3 different individuals, in order to verify the accuracy of the model. The tests carried out took into consideration the memorization and the forgetfulness in a certain time. The effects of this research point out that it is possible to find specific parameters for each individual that fit the model, taking into account the forgetting of a given information over time. In addition, the results obtained by our model approximate the data collected. We also observe that the efficiency of memory is finite, limited, as the literature shows, and always tends to the total forgetfulness of the less important information received by the brain, that is, our memory is selective, and forgetting information is inevitable for the self-preservation of our brain.

Key words: short-term memory, differential equations, forgetfulness.

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Introdução

A memória consiste em uma ocorrência biológica caracterizada em um conjunto de sistemas cerebrais que trabalham simultaneamente, permitindo ao indivíduo manipular e compreender o mundo ao seu redor. Em relação a aprendizagem, a memória tem um papel fundamental, uma vez que é mais significativa à proporção de que a nova informação é incluída às estruturas de conhecimento que o indivíduo já possui . Quando se valoriza os conhecimentos já adqueridos dos alunos, é possível construir arranjos mentais por meio de sistemas conceituais que proporcionam ao indivíduo descobrir e redescobrir um saber eficiente e duradouro (AUSUBEL,1982).

Um dos grande obstáculos que tem se tornado cada vez maior no ramo da educação é o fracasso escolar. O mesmo ocorre por inúmeros fatores, falta de interesse e/ou motivação, má formação dos professores, acontecimentos exteriores e o mais preocupante, a dificuldade de aprendizagem. A mesma, hoje em dia, é identificada entre outros fatores pela não reprodução de atividades passadas que já foram ensinadas.

Os alunos que não conseguem armazenar ou conservar os conhecimentos recebidos não são capazes de se recordar atividades solicitadas e terão altas chances de serem conhecidos por suas dificuldades. E em consequência, não poderão organizar a informação que será recebida. Com isso, entende-se que a memória depende da atenção e da percepção, grandes encarregados pelas escolhas do que deverá ser utilizado, armazenado e integrado com os conhecimentos existentes e utilizado futuramente.

A teoria piagetiana (1970) aponta que desde a infância ocorrem mudanças significativas na concepção cognitiva da criança, como linguagem, escrita e raciocínio, estímulos estes que são levados durante toda a vida escolar. A linguagem e o raciocínio, ambos provenientes da memória e atenção, são pilares utilizados a todo momento para a sistematização da aprendizagem. Dessa maneira,

> (...) alunos que estão nessa fase do ensino exercitam frequentemente a busca de suas experiências (memória) para organizar (raciocínio) a aprendizagem e mais tarde interagir adequadamente a todas atividades exigidas no ambiente escolar (adaptação). (Cardeal, 2007, p.4)

Para a aquisição de um novo conhecimento, em primeiro momento é essencial que o individuo preste atenção na informação e decida que aquilo é importante; Assim, o organismo, utilizando um reconhecimento padrão e usando associação com significados, transfere a informação para e memória e, a partir dessas associações, são criadas combinações para recordar a informação quando necessário.

Sendo assim, essa pesquisa tem como objetivo aplicar as Equações Diferenciais de Primeira Ordem em relação a memória e o esquecimento. Analisar o comportamento dessa memória e o quanto de informação a memória de curto prazo pode armazenar em um determinado tempo. E medir a variação do tempo necessário ou o percentual de informação que é retido em um determinado tempo, ou seja, mensurar o quanto de conteúdo é aprendido e o quanto é esquecido.

Para alcançar este objetivo foram realizados testes de memória. Assim como Miller (1956), foi fornecido uma certa carga de informações a uma pessoa e, em diferentes instantes posteriores, mensurado quanto dessa informação ainda estava disponível e quanto se perdeu. Com esses testes relacionamos a quantidade ou percentual de informações armazenadas em determinado tempo na memória a partir de uma quantidade recebida em um determinado intervalo de tempo.

Além disso, responder a alguns questionamentos que envolvem a memória como, quanto tempo a memória de curto prazo precisa para memorizar uma informação? Por quanto tempo é possível reter essa informação? E o quanto de informação é possível memorizar?. Apontamentos os quais são capazes de responder a hipótese de que, quanto mais informação temos, mais difícil será para armazenar. E por fim, encontrar padrões de proporção diferentes para indivíduos distintos e descrever isso, com o uso da modelagem matemática, por meio de uma equação intrínseca a cada indivíduo.

Foram utilizados as Equações Diferenciais como uma ferramenta para o êxito de tal objetivo. Como as mesmas fornecem as derivadas das funções com suas variáveis independentes. A derivada, taxa de variação, foi escrita como a taxa de esquecimento em relação ao tempo proporcional a quantidade de informação presente na memória de curto prazo.

Capítulo 2

Equações Diferenciais

2.1 Contexto Histórico

As primeiras aparições das equações diferencias começaram a surgir em meados do século XVII, por Newton (1642-1727) e Leibniz (1646-1716) com intuito de resolver inúmeros problemas físicos envolvendo a mecânica, como o movimento dos planetas, catenária e oscilações de pêndulos.

Apesar de operar pouco no campo das equações diferenciais, segundo Boyce (2012), o desenvolvimento de Newton no cálculo e no esclarecimento dos princípios básicos da mecânica conceberam a base para a aplicação das equações diferencias no século XVIII.

Para Newton, as equações de primeira ordem podem ser classificadas de acordo com três modos: $\dfrac{dx}{dy} = f(x)$,$\dfrac{dy}{dx} = f(y)$, $\dfrac{dy}{dx} = f(x, y)$. Também ampliou uma forma para resolver a última equação, na qual o $f(x, y)$é um polinômio em x e y, utilizando as séries infinitas.

Leibniz aderiu em sua vida acadêmica diversos campos (BOYCE, 2012 p.20), entre eles a matemática. Seu interesse no assunto foi se desenvolvendo até em 1684, quando publicou seus resultados a respeito dos cálculos independentes dos de Newton. Por mais que suas descobertas foram um pouco depois de Newton, Leibniz foi o primeiro a publicá-los devido à fragilidade de Newton à críticas, que só publicou seus estudos em 1687.

Gottfried Wilhelm Leibniz entendia bem a notação matemática e combinado aos seus estudos sobre as variáveis x e y, ele estabeleceu a notação para a derivada $\dfrac{dx}{dy}$ assim como o sinal de integral. Nos anos seguintes realizou inúmeras descobertas, como o método de separações de variáveis, a redução de equações homogêneas a equações separáveis e resolução de equações lineares de primeira ordem.

A família Bernoulli trouxe também inúmeras contribuições significativas para a área da matemática. Em especial, os irmãos Jakob (1654-1705) e Johann (1667-1748) que com o auxílio do cálculo resolveram diversos problemas da mecânica com as equações diferenciais.

Outro matemático que veio a contribuir com as equações diferenciais foi Leonhard Euler (1707-1783), amigo de Daniel Bernoulli, filho de Johann. Euler foi o matemático mais brilhante de sua época e seus interesses pela matemática desenvolveram 70 volumes completos de inúmeros campos da matemática. Mesmo tendo ficado cego no final de sua vida, continuou seu trabalho até sua morte.

Entre suas diversas contribuições para a matemática, Euler, entre 1734-1735 reconheceu as condições para a exatidão das equações diferenciais de primeira ordem e no ano de 1743 demonstrou a teoria dos fatores integrantes e a solução geral para as equações lineares homogêneas com coeficientes constantes. Entre 1750-1751 encontrou um método de obtenção de solução para as equações não homogêneas e também usou uma série de potências para resolver equações diferencias. Nos anos 1768-1769 apresentou procedimentos numéricos e realizou contribuições para as Equações Diferenciais Parciais.

Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), professor de matemática que veio a suceder Euler em 1766 na cadeira de Matemática na Academia de Berlim, mostrou em 1762-1765 que a solução geral de uma equação diferencial linear homogênea de ordem n é uma combinação linear de n soluções independentes. Nos anos posteriores, desenvolveu o método de variação de parâmetros e trabalhos fundamentais para as Equações Diferenciais Parciais.

Em meados do século XVIII, diversos métodos essenciais para a resolução das Equações Diferenciais Ordinárias já tinham sido descobertos. No decorrer dos anos, as Equações Diferenciais Parciais também começaram a ser estudadas fortemente a medida que era notório a sua importância na física matemática. Em decorrência disso, muitas funções e equações diferenciais começaram a aparecer e ganhar força no ramo da matemática e passaram a ser meticulosamente estudadas.

2.2 Equações Diferencias - Definição

As equações diferenciais são equações em que figuram as derivadas de uma função desconhecida com uma ou mais variáveis independentes. Elas podem ser classificadas quanto ao seu tipo, ordem e a sua linearidade. A seguir apresentaremos alguns exemplos de equações diferenciais.

$$y' = 2xy^2 \tag{2.1}$$

$$a_n x^n y^n + a_{n-} x^{n-1} y^{n-1} + \cdots + a_1 xy + a_0 x = g(x) \tag{2.2}$$

$$u_t t - u_x x = f(x,t) \tag{2.3}$$

que podem ser referenciadas para a classificação:

2.2.1 Classificação pelo Tipo

Quanto ao tipo, as Equações Diferencias se dividem em dois tipos, as Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) e as Equações Diferenciais Parciais (EDP).

As EDOs são equações em que aparecem apenas derivadas simples, contendo apenas derivadas ordinárias de uma variável dependente, em relação a uma única variável independente. Em resumo, uma EDO sempre pode ser expressada da forma

$$y^{(n)} = f(t, y, y', y'', ..., y^{(n-1)}) \tag{2.4}$$

Já as EDPs são equações que envolvem as derivadas parciais de uma variável dependente em relação a duas ou mais variáveis independentes. Estas sempre podem ser escritas como

$$F\left(x_1, \ldots, x_n, u, \frac{\partial u}{\partial x_1}, ..., \frac{\partial u}{\partial x_n}, \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}, ..., \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_n}, ..., \frac{\partial^k u}{\partial x_n^k}\right) = 0$$

2.2.2 Classificação pela Ordem

A ordem de uma EDO é dada em decorrência da derivada de maior ordem que na equação se apresenta. Por exemplo, a expressão de (2.2) define uma equação de ordem n.

2.2.3 Classificação pela Linearidade

Dizemos que uma Equação Diferencial Ordinária é linear quando a função f dada em (2.2.1) é linear nas variáveis $y, y', ..., y^{(n)}$. De forma geral, uma EDO linear de ordem n é escrita como

$$a_0(t)y^{(n)} + a_1(t)y^{(n-1)} + ... + a_n(t)y = g(t)$$

Caso $g(t) = 0$ dizemos que ela é homogênea. Caso $g(t) \neq 0$ dizemos que é não homogênea.

Neste trabalho estamos interessados em EDO de ordem 1.

2.3 Equações Ordinárias de Primeira Ordem

Como mencionado acima, é possível classificar as Equações Diferenciais Ordinárias por sua ordem. A fórmula geral de uma EDO de ordem n é

$$y^{(n)} = f(t, y, y', y'', ..., y^{(n-1)})$$

Em particular, a forma geral de uma EDO de primeira ordem é

$$f(x, y, y') = 0$$

a qual será linear quando puder ser descrita como

$$\frac{dy}{dt} + p(t)y = g(t)$$

em que p e g são funções dadas da variável independente.

2.3.1 Solução de uma Equação Diferencial

Para uma equação linear de primeira ordem é possível obter uma solução contendo uma constante arbitrária, da qual podem ser obtidas todas as soluções possíveis atribuindo valores a essa constante. Isto é, a solução geral de uma Equação Diferencial é aquela que permite obter qualquer uma de suas soluções mediante a escolha da constante.

Uma solução particular é aquela obtida da solução geral, atribuindo valores a constante.

Por exemplo, a equação

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{y^2}$$

é separável, pois pode ser escrita como

$$y^2.\frac{dy}{dx} = x^2$$

Integrando ambos os lados, obtemos

$$\int y^2.\frac{dy}{dx}.dx = \int x^2.dx$$

$$\Rightarrow \int y^2.dy = \int x^2.dx$$

$$\Rightarrow \frac{y^3}{3} = \frac{x^3}{3} + c$$

$$\Rightarrow y^3 = \sqrt{x^3 + c}$$

$$\Rightarrow y = \sqrt[3]{x^3 + c}$$

Assim, $y = \sqrt[3]{x^3 + c}$ é a solução explícita.

2.3.2 Problema de Valor Inicial (PVI)

O problema de valor inicial de ordem 1 consiste na resolução de uma equação diferencial sujeita a uma condição inicial e pode ser escrita como

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{dx} = f(x,y) \\ y(x_0) = y_0 \end{cases}$$

em que $y(x_0) = y_0$ é a condição inicial. Uma solução para esse PVI é uma função que satisfaz a Equação Diferencial e a condição inicial em algum intervalo. Por exemplo

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{dx} = e^{t-y} \\ y(0) = 0 \end{cases}$$

reescrevendo a Equação Diferencial, temos

$$\frac{dy}{dx} = \frac{e^x}{e^y}$$

Pelo método de equações separáveis

$$e^y \frac{dy}{dy} = e^x$$

integrando ambos os lados em relação a variável x,

$$\int e^y \frac{dy}{dx} dx = \int e^x dx$$

$$\int e^y dy = \int e^x .dx$$

$$e^y = e^x + c.$$

Aplicando o logaritmo natural

$$\ln(e^y) = \ln(e^x + c)$$

$$\Rightarrow y = \ln(e^x + c).$$

Da condição inicial $y(0) = 0$, segue que

$$0 = y(0) = \ln(e^0 + c)$$

$$\Rightarrow 0 = \ln(1 + c)$$

Aplicando a função exponencial em ambos os membros da equação obtemos

$$e^0 = e^{\ln(1+c)}$$

$$\Rightarrow 1 = 1 + c$$

$$\Rightarrow c = 0.$$

Assim, a solução do P.V.I

$$y = \ln(e^x + 0)$$

$$\Rightarrow y = x$$

2.3.3 Fator Integrante

Algumas equações lineares da forma

$$\frac{dy}{dx} + p(x).y = f(x)$$

não são imediatamente resolvidas, uma vez que o termo à esquerda do sinal da igualdade nem sempre é igual a derivada de alguma função. Entretanto, Leibniz elucidou que esta Equação Diferencial pode ser multiplicada por um fator $\mu(x)$, que é chamado de fator integrante, o qual transforma o lado esquerdo na derivada de um produto, isto é, queremos $\mu(x)$ tal que

$$\mu\frac{dy}{dx} + p(x)y\mu = \frac{d}{dx}[y\mu]$$

$$\mu\frac{dy}{dx} + p(x)y\mu = y.\frac{d\mu}{dx} + \frac{dy}{dx}\mu.$$

Observe que a igualdade acima é verificada quando

$$\frac{d\mu}{dt} = p(x)\mu$$

. Integrando a expressão acima em relação a x, temos

$$\int \frac{1}{\mu}\frac{d\mu}{dx}dx = \int p(x)dx$$

o que implica em

$$\ln|\mu| = \int p(x)dx.$$

Aplicando a exponencial, vemos que o fator integrante $\mu(x)$ é dado por

$$\mu(x) = e^{\int p(x)\,dx}.$$

Como exemplo, considere a equação

$$\frac{dy}{dx} + y = x. \tag{2.5}$$

Nesse caso, $p(x) = 1$. Então o fator integrante é

$$\mu(x) = e^{\int p(x)dx}$$

substituindo

$$e^{\int 1dx}$$

assim,

$$\Rightarrow e^{x}$$

multiplicando a equação (2.5) pelo fator integrante $\mu(x) = e^x$ obtemos

$$\frac{dy}{dx}e^x + ye^x = xe^x.$$

Observe que, o lado esquerdo da equação pode ser escrito como um produto

$$\frac{d}{dx}[ye^x] = xe^x.$$

Integrando em relação a x

$$\int \frac{d}{dx}[ye^x]dx = \int xe^x$$

$$\int \frac{d}{dx}[ye^x] = \int xe^x$$

$$ye^x = \int xe^x dx$$

utilizando o método de integração por partes $u = x, du = dx, v = e^x, dv = e^x dx$

$$\Rightarrow ye^x = xe^x - \int e^x dx$$

$$\Rightarrow ye^x = xe^x - e^x + c$$

$$\Rightarrow y = \frac{xe^x - e^x + c}{e^x}$$

$$\Rightarrow y = x - 1 + ce^{-x}$$

é a solução geral da equação dada.

2.3.4 Equação de Bernoulli

A equação de Bernoulli é dada por

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y = f(x)y^n \tag{2.6}$$

em que n é um número real. Note que para $n = 0$ e $n = 1$ a equação de Bernoulli é linear. O método de resolução desta equação consiste em fazer uma mudança de variável

$$u = y^{1-n}$$

Para visualizar isso, é necessário dividir a equação (2.6) por y^n obtendo

$$\frac{1}{y^n}.\frac{dy}{dx} + p(x).\frac{y}{y^n} = f(x)$$

$$y^{-n}.y' + p(x).y^{1-n} = f(x) \tag{2.7}$$

Fazendo

$$u = y^{1-n} \tag{2.8}$$

derivando a expressão (2.8), obtemos

$$u' = (1-n)y^{(1-n)-1}y'$$

$$\Rightarrow u' = (1-n)y^{-n}y'. \tag{2.9}$$

Multiplicando a equação (2.7) por $(1-n)$, temos

$$(1-n)y^{-n}y' + p(x)y^{1-n}(1-n) = (1-n)f(x)$$

Usando (2.7) e (2.8), a equação anterior torna-se

$$u' + (1-n)p(x)u = (1-n)f(x) \tag{2.10}$$

a qual é uma equação linear que pode ser resolvida usando o método de fator integrante.

Assim, para resolver (2.6) basta resolver (2.7) utilizando o método de fator integrante, de tal forma que o lado esquerdo da equação possa ser escrito como um produto. Em seguida integrar ambos os lados depois retornar a mudança de variável $u = y^{1-n}$ para obter

$$y = u^{\frac{1}{1-n}}$$

Como um exemplo de aplicação desse método considere

$$x\frac{dy}{dx} + y = x^2y^2. \tag{2.11}$$

Primeiro dividindo toda a equação (2.11) por x, temos

$$\frac{dy}{dx} + \frac{1}{x} = xy^2$$

obtemos a forma padrão, da equação de Bernoulli apresentada em (2.6), para n=2 . Dividindo por y^2

$$\frac{1}{y^2}\frac{dy}{dx} + \frac{1}{x}\frac{y}{y^2} = x\frac{y^2}{y^2}$$

$$\Rightarrow y^{-2}y' + \frac{1}{x}y^{-1} = x. \tag{2.12}$$

Fazendo

$$u = y^{-1}$$

$$\Rightarrow u' = -y^{-2}y'$$

e, substituindo na equação (2.8), obtemos

$$-u' + \frac{1}{x}.u = x$$

$$\Rightarrow u' - \frac{1}{x}.u = -x$$

que é uma equação linear cujo fator integrante é

$$\begin{aligned} \mu(x) &= e^{\int \frac{1}{x}\,dx} \\ &= e^{-\ln x} \\ &= e^{\ln x^{-1}} \\ &= x^{-1} \\ &= \frac{1}{x} \end{aligned}$$

Assim,

$$u'\frac{1}{x} - \frac{1}{x}u\frac{1}{x} = -x\frac{1}{x}$$

$$\Rightarrow u'\frac{1}{x} - \frac{1}{x^2}u = -1$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dx}\left[u\frac{1}{x}\right] = -1$$

Integrando em relação a x, temos

$$\int \frac{d}{dx}\left[u\frac{1}{x}\right]dx = \int -1dx$$

$$\Rightarrow u\frac{1}{x} = -x + c$$

$$\Rightarrow u = -x^2 + c.$$

Como $u = y^{-1}$ segue que

$$y = \frac{1}{u}x,$$

ou seja,

$$y = \frac{1}{-x^2 + c}.$$

Capítulo 3

Memória

Primordialmente, o estudo da memória vem desde a antiguidade, na qual eram utilizados metáforas espaciais para explicar o funcionamento na memória. O grande filósofo Platão, por exemplo, sugeria analogia como a de um aviário. Os frangos presentes dentro do aviário eram como memórias específicas e, para acessar alguma dessas memórias era preciso pegar um desses frangos. Com o passar dos anos foram surgindo novas pesquisas e essas metáforas passaram a ser inviáveis, uma vez que, não eram compatíveis com os resultados empíricos dos estudos.

A memória é um fenômeno biológico e psicológico que engloba um conjunto de sistemas cerebrais, que se vinculam e trabalham em sintonia. A sua capacidade é devido ao seu grande número de conexões sinápticas e a estrutura de suas ramificações, e não a sua abundância de neurônios (SILVA, 2005). A memória tem um papel fundamental em toda atividade mental, tornando-se aliada a memória de trabalho, ambas essenciais para a aprendizagem, construção de um novo conhecimento e desenvolvimento de habilidades e atividades. Além de ter a capacidade de imaginar, reinventar, problematizar e interpretar (GEIS, 2000) ações desempenhadas pelo o que é relembrado pelo indivíduo.

A memória é primordial na aquisição de novos conhecimentos. A aprendizagem está inteiramente associada com ela, uma vez que, segundo Pavão (2008), as ocorrências vivenciadas e memorizadas possibilitam uma adaptação ao meio, além de preparar e antecipar ocorrências futuras, ou seja, as situações vividas permitem que o individuo possa se manifestar e aprender, por meio da conservação da informação, utilização da memória e retenção de informação.

Para Zimmer (2001) a memória é uma das competências que possibilita ao ser humano uma adaptação ao meio que vive. Sendo capaz de aumentar seu conhecimento, usando seus respectivos processos de codificação, retenção, armazenamento e recuperação da mesma, de forma que a chave para a codificação é a atenção. A memória e a organização são cruciais para possuir um novo conhecimento. Para Schwartz e Reisberg (1991) é mais simples nos lembrarmos de algo quando atribuímos algum significado ou organização ao que deve ser recordado.

Conforme já mencionado, existem pelo menos três processos diferentes responsáveis da memória: a codificação, a retenção e a recuperação. O processo inicial, a codificação, é de extrema importância, é o processo de reconhecimento de padrões. Ocorre na memória sensorial motora que engloba atribuir significado a um padrão sensorial sendo encarregada pelos processos iniciais e sua respectiva codificação. A obtenção de informação da memória sensorial-motora se dá pelas entradas sensoriais de todos os orgãos dos sentidos. Essa informação é grosseira, sem que haja nenhum significado. No caso se o indivíduo decidir que a informação é almejada, a mesma passa para a memória de curto prazo.

No processo de ensino e aprendizagem os significados são estabelecidos pelo aluno apartir de quando ele estabelece uma conexão entre o que ele já sabe e o que ele vai aprender (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980) ou seja, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa, o novo conhecimento irá estabelecer relações com um ponto conhecido da estrutura cognitiva do individuo.

Conforme Willian James (1890) o sistema de memória é dividido em dois sistemas, a memória primária que trata daquelas memórias que ainda estão na consciência e a memória secundária que são aquelas que já passaram para o inconsciente. Dentre os estudos formulados na década de 50 (Hebb, 1949 apud Baddeley 1986) defendia que a memória podia ser dividida em duas categorias, memória de curto prazo e memória de longo prazo. E esses dois sistemas ocupariam lugares distintos de armazenamento.

Para Pavão (2008) a memória pode ser classificada quanto ao tempo em memória de longa duração e curta duração, e estas são subdivididas em Implícita e Explícita. A memória de curto prazo é capaz de reter informações por segundos, aproximadamente 30 segundos, sendo propensa a interferências. Podendo ser melhorada com repetição ou proporcionando significado às informações, em que a repetição só serve para manter viva a informação e não para aumentar a capacidade de armazenamento.

Um conceito que torna possível explicar o esquecimento está na Teoria da Interferência que propõe que quando apresentado um ítem e em seguida outro, o segundo irá causar esquecimento do primeiro e assim sucessivamente. No entanto, na década de 50, Broadbent (1958 apud Baddeley, 1986) publicou alguns experimentos que comprovam que a Teoria da Interferência não é plausível para explicar todo tipo de memória.

A memória funciona com processos básicos e essenciais. A primeira é a memória sensorial. A mesma possui a função de receber a informação e começar o processo de codificação. Em seguida, após a codificação, passa para a memória de curto prazo para que seja utilizada, descartada ou organizada para armazenamento. E por fim, para a memória de longo prazo, que recebe as informações e as armazena por tempo indeterminado.

Figura 3.1: Fluxograma

Fonte: Dividino, Faigle 2014

A memória de curto prazo também determina se a informação é benéfica para o organismo e se deve ser mantida. Caso seja benéfica, verifica se existe outra informação semelhante para se agrupar, facilitando a sua memorização. Caso não seja benéfica, é desconsiderada e descartada.

Para estudar melhor, Broadbent(1958) fez um experimento no qual propôs 2 sequências de 3 dígitos aos indivíduos e cada sequência era apresentada simultaneamente em cada ouvido. Os resultados mostraram que há dois tipos de memória, a de curto prazo e longo prazo.

No experimento, os dígitos do ouvido direito eram esquecidos pois, ficaram por mais tempo armazenados na memória que os do ouvido esquerdo> Pois eram melhor recordados do que os outros dígitos coincidindo com a teoria de decaimento. Isto é, haveria dois componentes, a memória de curto e a de longo prazo. De forma que, sistema de curto prazo passaria as informações para a de longo prazo de forma lenta e limitada, e essa espera para passar a informação causaria esquecimento e o decaimento.

A memória é de extrema importância para a percepção do mundo que nos cerca. Por exemplo para entender uma frase longa de uma conversa é necessário se lembrar dos primeiras palavras para a compreensão do assunto. Quando se está lendo, o processo é o mesmo, se faz necessário lembrar do início da frase para entender o pensamento completo.

A memória é capaz de idealizar, criar, questionar, além de fornecer competência para guardar e relembrar aprendizados, acontecimentos, momentos, sensações e pensamentos expressados no tempo passado. A mesma é de extrema importância para obter um novo conhecimento, quando atrelada a uma organização, pois é mais fácil recordar de algo quando lhe é atribuído algum sentido ou sistematização do que se quer ser lembrado (SCHWARTZ e RUSBERG, 1991).

Se tratando da recuperação da memória de curto prazo, estudos sugerem que a mesma depende de fatores acústicos e que o tempo gasto para recuperar é linear e crescente, ou melhor, quanto maior a quantidade de informação a ser memorizado maior será o tempo. O ato de repetição ajuda a fixar a informação recebida e se tratando da aprendizagem, é mais eficiente quando é realizado distribuído em um certo tempo.

Capítulo 4

Metodologia

A memória de curto prazo ou memória operacional é um mecanismo da memória que nos permite reter uma determinada quantidade de informação durante um período curto de tempo. Segundo Miller (1956) a capacidade de armazenamento da memória de curto prazo é de 7 elementos, com uma variação de 2 mais ou menos. Com isso ao designar um valor de itens que os indivíduos são capazes de armazenar na memória a curto prazo, Miller define que o armazenamento é limitado.

É de entendimento que a memória tem extrema importância na aprendizagem. Partindo desta premissa, esse estudo tem como objetivo analisar o comportamento da memória de curto prazo bem como, seu esquecimento, e descrevê-la usando a modelagem matemática com as Equações Diferencias Ordinárias, visto que, para Boyce (2012), a modelagem permite descrever de forma aproximada a realidade.

Para o êxito e tal modelagem, foi realizado uma pesquisa quantitativa que, propõe quantificar os tipos de coletas de informações quanto ao tratamento dos dados. A escolha de tal metodologia é em decorrência de que segundo Richardson (1999), a utilização dessa ferramenta como estudo é empregado quando o pesquisador tem interesse em compreender melhor o comportamento de diferentes causas e elementos que causam determinado evento.

Para que isso ocorra, os dados foram coletados via testes de memória que foram realizados com 3 indivíduos. O desenvolvimento da pesquisa, propriamente dita, foi realizado individualmente para que não houvesse interferências.

Na primeira fase cada indivíduo recebeu uma folha contendo uma sequência de letras com 10 caracteres, sendo elas : A I Q Y B J R 3 C K. Foi solicitado que memorizassem a sequência no tempo de 15 segundos. Logo após 5 segundos, foi solicitado que recordassem a mesma.

Na segunda fase, foi fornecido uma outra sequência com 10 caracteres, S D L E Z 5 M 8 U I e foi solicitado que guardassem no tempo de 15 segundos. Em seguida apresentamos um jogo de labirinto (Apêndice 1), na qual o indivíduo tinha 15 segundos para realiza-lo e após esse tempo, solicitamos que recordasse a sequência.

Na última fase, foi pedido que fixassem a sequencia, F N V 9 G O W H P X, de 10 caracteres com letras, em 15 segundos. Logo após apresentamos um texto (Apêndice 2). E pedimos que o individuo lesse em voz alta durante 30 segundos. E, após a leitura foi solicitado o retorno das informações. Os dados coletados estão presentes nas tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, presentes nas páginas 25, 27 e 30.

A justificativa para o uso dessas interferências, jogo e leitura, é para que o indivíduo não ficasse repetindo constantemente as informações recebidas para melhorar sua memorização. Sendo assim, as informações mantidas após as interferências são as que realmente estão na memória de curto prazo.

Capítulo 5

Resultados e Discussões

5.1 A Modelagem

Atualmente existem muitos estudos investigando a sistematização do conhecimento. Segundo Tulving e Craik (2000) a memória pode ser descrita como a capacidade de receber, codificar, armazenar e relembrar informações. A mesma está inteiramente ligada com inúmeros processos mentais como linguagem, criatividade e inteligência.

Para desenvolver essa pesquisa foi usufruído da modelagem matemática como uma ferramenta essencial para o propósito da mesma. O modelo proposto pela autora foi embasadao nas ideias de Miller (1956), Peterson (1959 apud Baddeley, 1986). Além de Zill (2016), que define a taxa segundo a qual um assunto é memorizado é proporcional a quantidade a ser memorizada.

Para Miller (1956) a medida que o tempo passa a quantidade de informação da memória de curto prazo vai se perdendo, devido ao esquecimento. Partindo dessa premissa, podemos descrever que a taxa de esquecimento em relação ao tempo é proporcional a quantidade de informação presente na memória. Matematicamente escrevemos isto por meio da Equação Diferencial adaptada de Zill (2016),

$$\frac{dE(t)}{dt} = k(A - E(t))$$

sendo

$E(t)$ =quantidade esquecida,

t = tempo

k = constante de proporcionalidade

$A =$ quantidade a ser memorizada

$\frac{dE(t)}{dt} =$ taxa de esquecimento

A equação acima pode ser reescrita como

$$\frac{dE(t)}{dt} = kA - kE(t))$$

ou ainda,

$$\frac{dE(t)}{dt} + kE(t) = kA. \tag{5.1}$$

Usando o método do fator integrante, nesse caso, $p(x) = k$, temos que o fator integrante é

$$\mu(x) = e^{\int p(x)dx} = e^{\int kdx} = e^{kt}$$

multiplicando a equação (5.1) pelo fator integrante $\mu(x) = e^{kt}$ obtemos

$$\frac{dE(t)}{dt}e^{kt} + kE(t)e^{kt} = kAe^{kt}.$$

Observe que o lado esquerdo da equação pode ser rescrito como um produto, isto é,

$$\frac{d}{dt}[E(t)e^{kt}] = kAe^{kt}$$

Usando $A = 10$. Como a quantidade memorizada, então podemos substituir

$$\frac{d}{dt}[E(t)e^{kt}] = k10e^{kt}.$$

Integrando em relação a t, obtemos

$$\int \frac{d}{dt}[E(t)e^{kt}]dt = \int k10e^{kt}.$$

Como k é uma constante, deixa de estar dentro da integral, assim

$$\int \frac{d}{dt}[E(t)e^{kt}]dt = 10k \int e^{kt}$$

$$\Rightarrow E(t)e^{kt} = 10k\frac{e^{kt}}{k} + c$$

$$\Rightarrow E(t) = \frac{10e^{kt} + c}{e^{kt}}$$

de modo que

$$E(t) = 10 + Ce^{-k.t}$$

Como $A = 10$, então $E(0) = 0$. Assim,

$$0 = E(0) = 10 + C.e^{-k0} = 10 + C1$$

$$\Rightarrow C = -10.$$

Portanto,

$$E(t) = 10 - 10.e^{-k.t} \tag{5.2}$$

5.1.1 Análise para o Indivíduo 1

Com o primeiro indivíduo foi possível identificar que no primeiro teste, foi esquecido 2 caracteres após 5 segundos, no segundo 6 após 15 segundos e no último 7 após 30 segundos, ou melhor, E (5) = 2, E(15)= 6 e E(30)= 7.

A partir da primeira fase do teste, em que E(5) = 2, substituindo em 5.2, temos que

$$\Rightarrow 2 = 10 - 10e^{-k5}$$

$$\Rightarrow -10e^{-k5} = 2 - 10$$

$$\Rightarrow e^{-k5} = \frac{-8}{-10}$$

$$\Rightarrow e^{-k5} = \frac{4}{5}.$$

Aplicando o logaritmo natural, temos

$$\ln[e^{-k.5}] = \ln\left[\frac{4}{5}\right]$$

$$\Rightarrow -k.5 = \ln\left[\frac{4}{5}\right]$$

$$\Rightarrow k = -\ln\left[\frac{4}{5}\right]\frac{1}{5}.$$

Substituindo o valor de k em (5.2), temos que

$$\Rightarrow E(t) = 10 - 10e^{\ln\left[\frac{4}{5}\right]\frac{1}{5}t}$$

assim,

$$E(t) = 10 - 10\left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{t}{5}}$$

$$E(t) = 10.\left(1 - \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{t}{5}}\right) \tag{5.3}$$

na qual (5.3) é uma equação intrínseca que descreve a taxa de esquecimento do Indivíduo 1 em um instante t.

Aplicando a equação (5.3) em $t = 15$ obtemos

$$\begin{aligned} E(15) &= 10\left(1 - \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{15}{5}}\right) \\ &= 10(1 - [0,8]^3) \\ &= 10(1 - 0,512) \\ &= 10(0,488) \\ &= 4,88 \end{aligned}$$

Semelhantemente, aplicando a equação (5.3) em $t = 30$ vem que

$$\begin{aligned} E(30) &= 10\left(1 - \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{30}{5}}\right) \\ &= 10.(1 - [0,8]^6) \\ &= 10(1 - 0,262144) \\ &= 10(0,737856) \\ &= 7,37856 \end{aligned}$$

Definindo $L(t) = 10 - E(t)$, com os valores lembrados e comparando os resultados com os testes aplicados podemos notar que os valores estão próximos.

		Valores do Teste		Valores Calculados	
Fase	Tempo de Espera	Lembrado	Esquecido	L(t)	E(t)
1	5	8	2	8	2
2	15	4	6	5,12	4,88
3	30	3	7	2,63	7,37

Tabela 5.1: Indivíduo 1

5.1.2 Análise para o Indivíduo 2

Com o Indivíduo número 2, foi possível identificar que na primeira fase foram esquecidos 3 caracteres, na segunda 6 e no último 8, ou melhor, E (5) = 3, E(15)= 6 e E(30)= 8. Procedndo de maneira análoga feita para o indivíduo 1, obtemos a equação

$$E(t) = 10 - 10.e^{-k.t}. \tag{5.4}$$

A partir da primeira fase do teste, em que $E(5) = 3$, substituindo em (5.4), temos que

$$3 = E(5) = 10 - 10e^{-k5}$$

$$\Rightarrow 3 = 10 - 10e^{-k5}$$

$$\Rightarrow -10.e^{-k5} = 3 - 10$$

$$\Rightarrow e^{-k.5} = \frac{-7}{-10}$$

$$\Rightarrow e^{-k.5} = \frac{7}{10}$$

e aplicando o logaritmo natural, temos

$$\ln[e^{-k5}] = \ln\left[\frac{7}{10}\right]$$

$$\Rightarrow -k5 = \ln\left[\frac{7}{10}\right]$$

$$\Rightarrow k = -\ln\left[\frac{7}{10}\right]\frac{1}{5}.$$

Substituindo o valor de k em 5.4, temos que

$$\Rightarrow E(t) = 10 - 10e^{\ln\left[\frac{7}{10}\right]\frac{1}{5}t}$$

Assim,

$$E(t) = 10 - 10\left[\frac{7}{10}\right]^{\frac{t}{5}}$$

ou melhor,

$$E(t) = 10\left(1 - \left[\frac{7}{10}\right]^{\frac{t}{5}}\right). \tag{5.5}$$

Assim em (5.5) temos uma equação intrínseca que descreve a taxa de esquecimento do Indivíduo 2 em um instante t.

Aplicando (5.3) em $t = 15$ obtemos

$$
\begin{aligned}
E(15) &= 10\left(1-\left[\frac{7}{10}\right]^{\frac{15}{5}}\right)\\
&= 10.(1-[0,7]^3)\\
&= 10(1-0,343)\\
&= 10(0,657)\\
&= 6,57
\end{aligned}
$$

Semelhantemente, aplicando a equação (5.5) em $t = 30$ vem que

$$
\begin{aligned}
E(30) &= 10\left(1-\left[\frac{7}{10}\right]^{\frac{30}{5}}\right)\\
&= 10.(1-[0,7]^6)\\
&= 10(1-0,117649)\\
&= 10(0,882351)\\
&= 8,82351
\end{aligned}
$$

Comparando os resultado dos testes com os valores de L(t) podemos notar que os valores se aproximam.

		Valores do Teste		Valores Calculados	
Fase	Tempo de Espera	Lembrado	Esquecido	L(t)	E(t)
1	5	7	3	7	3
2	15	4	6	3,43	6,57
3	30	2	8	1,17649	8,82351

Tabela 5.2: Indivíduo 2

5.1.3 Análise para o Indivíduo 3

Para o último indivíduo, foi esquecido 1 caracteres no primeiro teste, no segundo 4 e 5 no último, ou melhor, E(5) = 1, E(15)= 4 e E(30)= 5. Integrando analogamente aos outros dois casos, segue que

$$E(t) = 10 - 10.e^{-k.t} \tag{5.6}$$

A partir da primeira fase do teste, em que E(5) = 1, substituindo em (5.6), temos que

$$1 = E(5) = 10 - 10e^{-k5}$$

$$\Rightarrow 1 = 10 - 10e^{-k5}$$

$$\Rightarrow -10e^{-k5} = 1 - 10$$

$$\Rightarrow e^{-k5} = \frac{-9}{-10}$$

$$\Rightarrow e^{-k5} = \frac{9}{10}$$

aplicando o logaritmo natural

$$\ln[e^{-k5}] = \ln\left[\frac{9}{10}\right]$$

$$\Rightarrow -k5 = \ln\left[\frac{9}{10}\right]$$

$$\Rightarrow k = -\ln\left[\frac{9}{10}\right]\frac{1}{5}$$

substituindo o valor de k em 5.6, temos que

$$E(t) = 10 - 10e^{-kt}$$

$$\Rightarrow E(t) = 10 - 10e^{\ln\left[\frac{9}{10}\right]\frac{1}{5}t}$$

assim,

$$E(t) = 10 - 10\left[\frac{9}{10}\right]^{\frac{t}{5}}$$

$$E(t) = 10\left(1 - \left[\frac{9}{10}\right]^{\frac{t}{5}}\right) \tag{5.7}$$

Onde (5.7) é uma equação intrínseca que descreve a taxa de esquecimento do Indivíduo 3 em um instante t.

Aplicando (5.7) em $t = 15$ obtemos

$$\begin{aligned} E(15) &= 10\left(1 - \left[\frac{9}{10}\right]^{\frac{15}{5}}\right) \\ &= 10.(1 - [0,9]^3) \\ &= 10(1 - 0,729) \\ &= 10(0,271) \\ &= 2,71 \end{aligned}$$

Semelhantemente, aplicando a equação (5.7) em $t = 30$ vem que

$$\begin{aligned} E(30) &= 10\left(1 - \left[\frac{9}{10}\right]^{\frac{30}{5}}\right) \\ &= 10.(1 - [0,9]^6) \\ &= 10(1 - 0,531441) \\ &= 10(0,4688559) \\ &= 4,68559 \end{aligned}$$

		Valores do Teste		Valores Calculados	
Fase	Tempo de Espera	Lembrado	Esquecido	L(t)	E(t)
1	5	9	1	9	1
2	15	6	4	7,29	2,71
3	30	5	5	5,31441	4,68559

Tabela 5.3: Indivíduo 3

5.2 Discussões sobre os Resultados

O esquecimento não é algo desfavorável segundo Pergher e Stein (2013), mas algo necessário como proteção do cérebro. Se fosse possível relembrar de todas as ocorrências, a memória estaria completa de informações desnecessárias ocasionando um bloqueio da eficácia cognitiva.

Para Schacter (1999) a ocorrência de esquecimento é algo adaptativo, na mesma intensidade que armazenar informações com mais relevância para seu uso. Ou seja, entende-se que o cérebro escolhe o que é essencial e o que não é. Veja a figura 5.1 na página 30 que representa o Indivíduo 1,

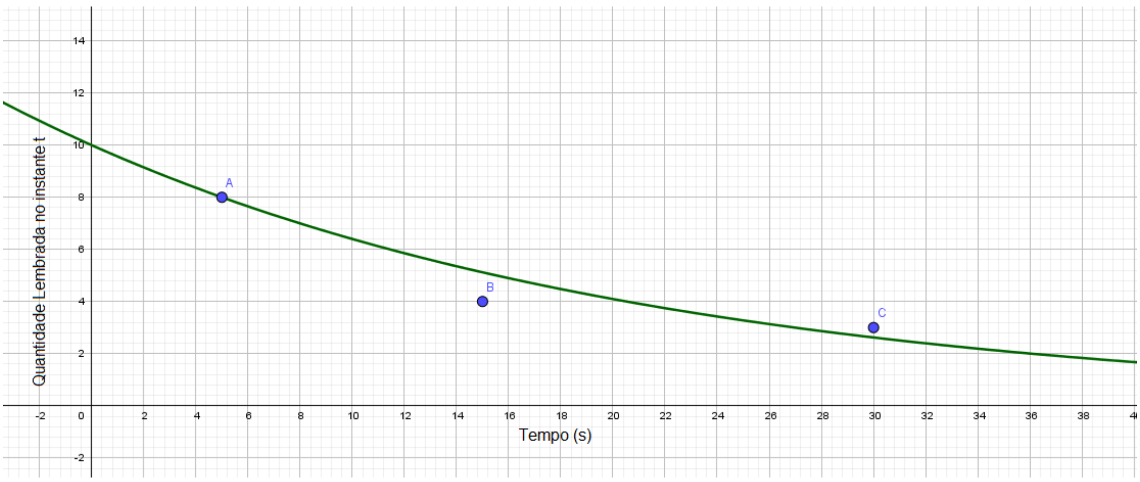

Figura 5.1: Indivíduo 1

Fonte: Autoria Própria

O gráfico traçado por meio da equação (5.3), descreve a taxa de esquecimento do Indivíduo 1 em função do tempo. No eixo x temos a variação do tempo (em segundos) e no eixo y a quantidade de informação (caracteres). Os pontos marcados, A, B e C, são os valores obtidos por meio do teste. Podemos notar que, a equação modelada descreve de forma bem aproximada o comportamento da memória do Indivíduo 1.

Notamos, a partir do gráfico, que nos primeiros segundo a informação vai se perdendo conforme seu tempo vai aumentando até que atinja o esquecimento natural, na qual o cérebro seleciona o que é viável ou não. A perda de informação também pode ser resultante de inúmeras decorrências como mau manuseio do teste, algum déficit por partes dos indivíduos, a falta de atenção etc.

> (...)a atenção é um fenômeno pelo qual processamos ativamente uma quantidade limitada de informações do enorme montante de informações disponíveis através dos nossos sentidos, de nossas memórias armazenadas e de outros processos cognitivos (STERNBERG 2000, p. 493).

No Indivíduo 2, em comparação com os demais gráficos como a figura 5.1 e figura 5.3, páginas 30 e 32, notamos uma curva mais acentuada no começo, e que vai declinando gradativamente, esse gráfico evidencia que, a quantidade de informação mantida pelo indivíduo 2 é menor.

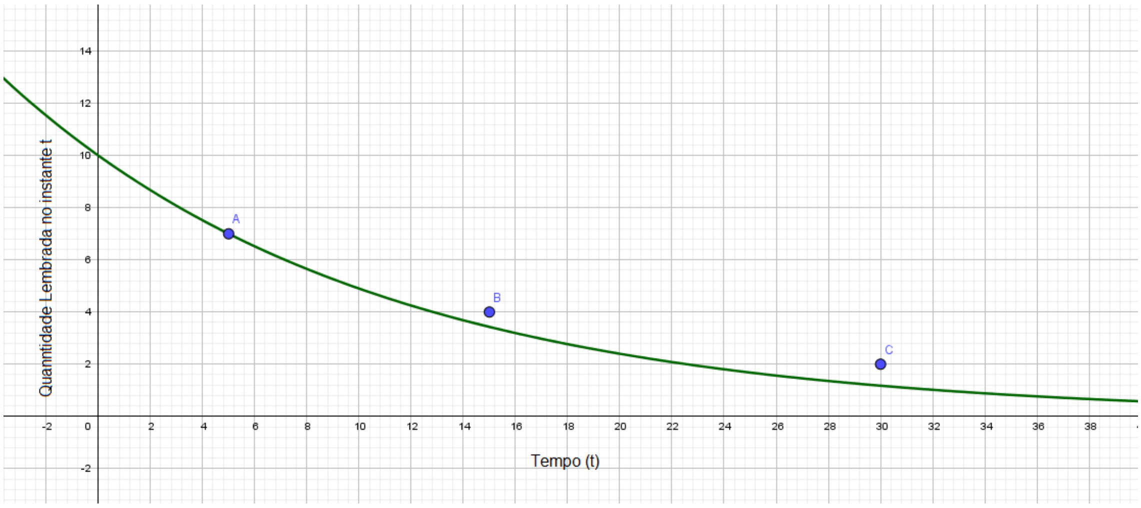

Figura 5.2: Indivíduo 2

Fonte: Autoria Própria

Os pontos obtidos por meio dos testes, A, B e C respectivamente, estão acima da curva, comprovando uma pequena margem de erro entre a equação modelada e os valores obtidos nela.

A equação (5.5) formulada com base nas informações obtidas pelos testes, e assim traçado seu respectivo gráfico demostra que, o cérebro do indivíduo desconsiderou uma parcela da informação fornecida, evidenciando que a memória é seletiva, restando apenas, as informações que, para o indivíduo, lhe foram atribuídas como úteis.

Com o Indivíduo 3, a taxa de esquecimento é menor em proporção dos outros indivíduos. Mas, a curva vai caindo com o decorrer do tempo até que chegue em um momento que a perca da informação vai tender ao máximo. Ou seja, conforme o tempo vai passando o Indivíduo vai esquecendo as informações. Isso ocorre em razão de que a capacidade de memorização do nosso cérebro, tanto do indivíduo 3 como os demais, é finita, limitada, e não usamos sua totalidade.

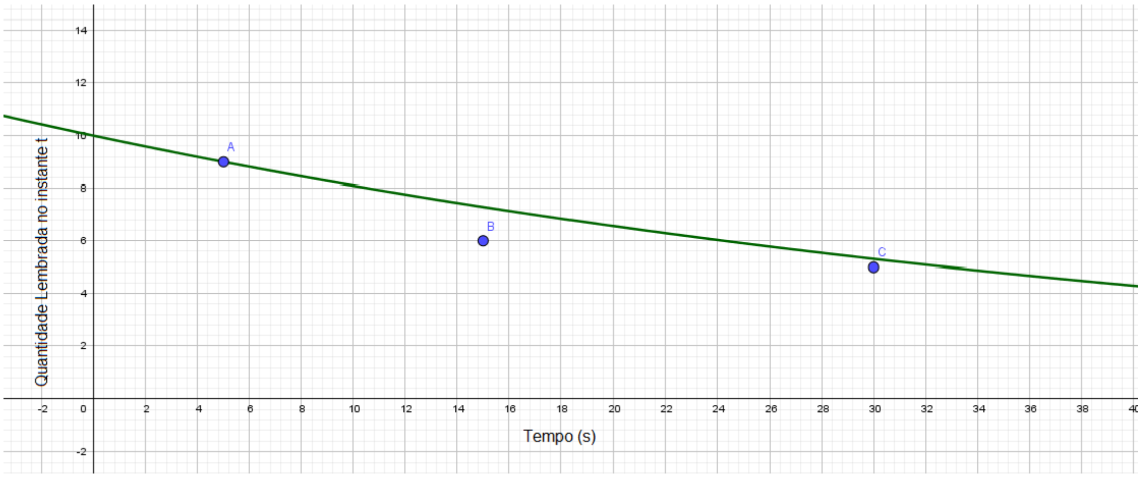

Figura 5.3: Indivíduo 3

Fonte: Autoria Própria

As informações úteis tendem a ser mantidas e as que não desempenham esse papel são esquecidas ou, ao menos, passam a ter seu alcance interrompido, como é mostrado nos modelos acima descritos. As ocorrências em que, os lapsos na memória parecem ser prejudiciais a nossa funcionalidade, são aquelas em que não recordamos de um conteúdo na hora da prova ou que esquecemos de um número de telefone (TRALDI, MAGALHÃES, 2018).

Outro aspecto a ser considerado para a justificativa do esquecimento é a da interferência (Broadbente, 1957 apud Baddeley, 1986). Ela diz que, quando apresentado um ítem e em seguida outro, o segundo irá causar esquecimento do primeiro e assim sucessivamente. Ou seja, com a utilizção do labirinto e da leitura foram incluídos novas informações em seguida dos caracteres fornecidos, fator o qual explicado pela teoria da interferência justifica o esquecimento dos indivíduos.

Capítulo 6

Considerações Finais

O esquecimento é algo fisiológico e que ocorre constantemente decaindo o rastro da memória que foi aprendido e/ou memorizado. Regularmente em situações do dia a dia, tentamos recordar de informações que parecem estar na ponta da língua, mas é impossível ter acesso a tal. Isso ocorre porque o rastro da memória ainda existe, mas não pode ser recordado.

Os resultados encontrados neste estudo forneceram três aspectos relevantes a serem considerados. Em primeiro lugar, que a memória é seletiva, visto que para Pergher e Stein (2003) o acontecimento de esquecermos algumas ocorrências, em especial aqueles sem muita importância, favorecem uma economia cognitiva. A memória escolhe rejeitar conscientemente ou inconscientemente as informações que no momento não lhe fornecem nenhum valor.

Outro aspecto a ser considerado é o baixo nível de conservação de informação recente, ou melhor, memória de curto prazo. Percebemos que os indivíduos não conseguiram lembrar de todas as sequências fornecidas. Por mais que foram atribuídas distrações para interferir no processo de repetição dos indivíduos na segunda e terceira etapa, como o jogo de labirinto e a leitura, na primeira fase não havia nenhuma distração e o tempo de espera para recordar as sequências era menor, nenhum indivíduo acertou a sequência inteira. Firmando o pressuposto de que, durabilidade da memória de curto prazo é pequena, assim como a quantidade de informação que armazena.

O ponto acima citado comprova que é impossível se lembrar de tudo. Como evidenciado nas figuras 5.1 na página 30, 5.2 na página 31 e 5.3 na página 32, o declínio da curva nos gráficos ressalta que, quanto mais se passa o tempo mais se perde as informações. A perda é inevitável, mesmo que haja um maior tempo para a memorização, o cérebro descarta a informação, uma vez que entende que ela não é importante.

E, por fim, que os resultados fornecidos pela Equação Diferencial Ordinária proposta, por meio da modelagem matemática, foram próximas da realidade, bem descreveram o comportamento da memória de curto prazo, enfatizando o seu esquecimento. Portanto, concluímos que o esquecimento não é algo prejudicial, mas sim uma função auto protetora, que é inevitável e é possível descrevê-lo por meio de uma equação intrínseca.

No entanto, algumas questões ainda devem ser respondidas em um estudo futuro, como: se aumentarmos a quantidade de informação, os padrões encontrados serão os mesmos? Se colocarmos mais fatores de interferência o resultado será o mesmo? Essa equação encontrada é a que melhor descreve o comportamento da memória? Entre outras que poderão surgir no decorrer durante uma possível pesquisa futura.

Bibliografia

[1] AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

[2] AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

[3] BADDELEY. Working Memory.*Oxford: Oxford University Press.* 1986.

[4] BRADLEY & BRYANT, . Categorizing sounds and learning to read - a causal connection. Nature, 301, pp 419-521.(1983)

[5] BASSANEZI, R.C. A modelagem matemática: teoria e prática. São Paulo: Contexto, 2015. p.15

[6] BOYCE, W. E. Equações Diferencias Elementares e problemas de valores de contorno; traudção e revisão técnica Valéria de Magalhães Iório. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 39.

[7] CARDEAL, Cintia Mota. O efeito da estimulação psicomotora nos processos cognitivos : memória de trabalho e atenção seletiva. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007. Dispovível em <https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/1083>. Acesso em 22 de abril de 2019.

[8] DIVIDINO, R. Q. FAIGLE, A. Distinções entre memória de curto prazo e memória de longo prazo. Instituto de Computação.Unicamp. Disponível em:www.ic.unicamp.br/ wainer/cursos/906/trabalhos/curto-longo.pdf>.Acesso em:05 fev. 2019

[9] FOLHA SÃO PAULO. Falência de gráfica que imprime Enem coloca exame em risco. 1 de abril de 2019. <Disponível em:

https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2019/04/falencia-de-grafica-que-imprime-enem-coloca-exame-em-risco.shtml> . Acesso em: 3 de abril de 2019.

[10] GEIES PP. Atividade física e saúde na terceira idade. Porto Alegre:Artmed. 2000.

[11] JAMES, W. Principles of psychology. In F. Burkhardt; F. Bowers; & I. K. Skrupskelis (Eds.), e works of William James. Cambridge, MA: Harvard University Press.). (1980).

[12] MILLER, G.A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review. 1956. 63, 81-97.

[13] PAVÃO R. Aprendizagem e memória. Rev Biol. 2008. 1:16-20.

[14] PERGHER, G. K ; STEIN, L. M.Compreendendo o esquecimento: Teorias clássicas e seus fundamentos experimentais. Psicologia USP (Impresso), São Paulo, v. 14, n.1, p. 129-155, 2003.

[15] SCHWARTZ B, REISBERG D. Learning and memory. New York: W.W. Norton; 1991.

[16] SILVA, A. Departamento de Psicologia Experimental e do Trabalho, Pesquisador da UNESP, Faculdade de Ciências e Letras da Universidade Estadual Paulista, 2005.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

[17] STERNBERG, R. J. Psicologia cognitiva. Porto Alegre, RS: Artes Médicas. 2000. p. 493.

[18] TULVING, E.; CRAIK, F. I. M. (2000). The handbook of memory. New York: Oxford University Press.

[19] ZILL, D.G. EQUAÇÕES DIFERENCIAIS COM APLICAÇÕES EM MODELAGEM. Tradução de Marcio Koji Umezawa.10. ed. São Paulo: Cengage Learning. 2016. p.32.

[20] ZIMMER M. A interdependência entre a recodificação e a decodificação durante a leitura. Letras de Hoje. 2001;36(3):409-15.

Apêndice

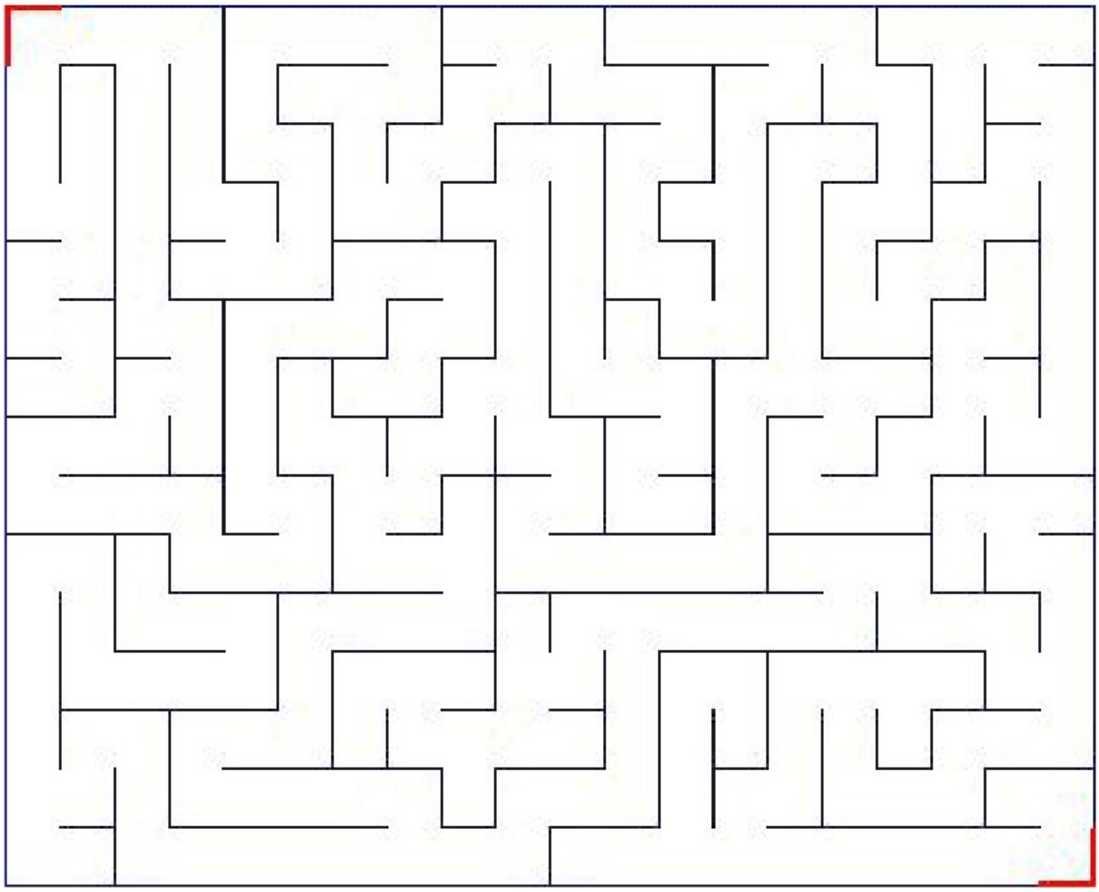

Figura 6.1: Labirinto

FOLHA DE S.PAULO

Falência de gráfica que imprime Enem coloca exame em risco

Empresa fecha em meio a crise no Inep e a momento ruim no mercado editorial

1º.abr.2019 às 17h16

BRASÍLIA e SÃO PAULO O anúncio de falência da gráfica RR Donnelley, que desde 2009 imprime as provas do Enem, coloca em risco a realização do exame neste ano.

O Enem ocorre em novembro e, para cumprir o cronograma, a impressão das provas deve ocorrer até maio, no máximo.

O trabalho realizado para o Enem não é feito por qualquer gráfica, uma vez que a operação demanda reforçado sistema de segurança (https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2018/10/enem-20-avanca-e-democratiza-acesso-ao-ensino-superior-no-brasil.shtml) e tem entraves logísticos.

Colabora para a insegurança a falta de liderança atual dentro do Inep (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais), responsável pelo exame. Na semana passada, o presidente do instituto, Marcus Vinicius Rodrigues, foi demitido (https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2019/03/presidente-do-inep-e-exonerado-apos-suspensao-de-avaliacao-ser-revogada.shtml) pelo ministro da Educação, Ricardo Vélez Rodriguez.

Já o chefe da da diretoria de avaliação da Educação Básica dentro do Inep, Paulo Teixeira, pediu demissão em solidariedade ao demitido. Essa é a diretoria que cuida do Enem.

Figura 6.2: Folha São Paulo

Fonte: Folha de São Paulo

03/04/2019 Falência de gráfica que imprime Enem coloca exame em risco - 01/04/2019 - Educação - Folha

Questionado, o Inep não se manifestou até a publicação deste texto sobre a falência da gráfica, revelada pelo jornal "O Estado de S. Paulo".

De forma reservada, servidores e ex-funcionários do instituto falaram à **Folha** que há grande preocupação com as indefinições e com a ausência de uma pessoa capaz de liderar essa operação.

No ano passado, o Enem recebeu 5,5 milhões de inscrições. No total, foram impressas 11 milhões de provas. O resultado é a porta de entrada (https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2018/10/enem-20-avanca-e-democratiza-acesso-ao-ensino-superior-no-brasil.shtml) para praticamente todas as universidades do país.

A gráfica assumiu a impressão do Enem 2009, depois que a prova vazou naquele mesmo ano. O sistema de segurança e logística foi aprimorado ao longo dos anos, ao mesmo tempo em que órgãos de controle cobravam a realização de licitação para o serviço.

A RR Donnelley tem contrato com o Inep para a realização da prova até este ano, segundo a **Folha** apurou.

A ideia dentro do Inep era publicar um novo pregão neste ano, mas a medida não andou. Há um processo de licitação envolvendo outras avaliações educacionais, como o Saeb, que também segue parado —este por causa de questionamentos de empresas concorrentes.

Segundo o presidente da Abigraf (Associação Brasileira da Indústria Gráfica), João Scortecci, a RR Donnelley não é a única empresa capaz de atender às demandas do Inep, mas o número de companhias aptas não passa de cinco no Brasil. "Imprimir é fácil, o difícil é a logística. Exige segurança, fiscalização e muito bom senso", diz Scortecci.

Além da impressão das provas, ocorre na gráfica toda a organização das provas antes do envio para os locais de prova, como a separação das malotes por cidade. A Polícia Federal ainda faz com antecedência uma vistoria no local para garantir a segurança do processo.

O pedido de falência da RR Donnelley foi protocolado no domingo (31) na 1ª Vara Cível de Osasco. Em comunicado, a empresa afirma que "entre os

https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2019/04/falencia-de-grafica-que-imprime-enem-coloca-exame-em-risco.shtml 2/5

Figura 6.3: Folha São Paulo

Fonte: Folha de São Paulo